

500 kV 变电运维工作风险来源与防控措施

周鑫 李鹏

国网山西省电力公司超高压变电公司 山西太原 030000

摘要: 500 kV 变电站运维工作中存在多种风险, 包括设备、管理、环境和人为风险。通过预防性维护、先进检测技术、科学管理、环保措施和人员培训等综合手段, 可显著降低风险。有效的风险防控不仅保障了设备的稳定性和安全性, 还提升了电网的可靠性和供电质量, 对电力系统的持续稳定运行具有重要意义。

关键词: 500 kV 变电站; 运维风险; 防控措施; 可靠性

引言

随着电力需求的增长和电网规模的扩大, 500 kV 变电站作为超高压电网的重要节点, 承担着保障电网可靠性和供电稳定的关键任务。然而, 变电站运维工作中潜藏着设备老化、管理不足、环境影响和人为失误等多重风险, 一旦发生事故, 将对电力系统造成重大影响。为此, 深入分析和识别各类风险, 制定科学的控制措施, 成为保障变电站安全运行的必要手段。这一过程不仅有助于防范事故发生, 还能推动技术和管理的优化, 提高运维工作效率和整体电网的安全性。

1. 变电运维工作风险防控的重要意义

变电运维工作是电力系统安全稳定运行的核心环节, 其风险防控具有举足轻重的意义。首先, 500 kV 变电站作为超高压电网的关键节点, 其安全运行直接关系到电网的整体可靠性和供电质量。一旦发生事故, 可能引发大范围的停电, 造成严重的经济损失和社会影响。因此, 加强变电运维风险防控, 是保障电力系统安全运行的基础。其次, 随着电网规模的扩大和技术的进步, 变电设备的复杂程度和数量不断增加, 运维工作面临的风险也日益复杂多样。设备老化、环境变化、人员操作失误等因素都可能导致安全隐患。通过有效的风险防控, 可以预先识别和消除这些隐患, 降低事故发生的概率。最后, 从长远来看, 风险防控工作还能促进技术创新和管理提升。通过对风险的深入分析, 可以发现现有技术和管理中的不足, 推动新技术的应用和管理模式的优化, 提高运维效率和效益。

2. 2500 kV 变电运维的风险来源

2.1 设备风险

设备风险是 500 kV 变电运维中最直接和主要的风险来

源之一。首先, 设备本身的设计缺陷或制造质量问题可能埋下安全隐患。例如, 绝缘材料性能不达标可能导致绝缘破坏, 开关设备的机械部件质量问题可能引发误动或拒动。

其次, 设备老化是不可避免的过程。长期运行的设备会因电气、机械和环境等因素导致性能劣化, 如导体发热、接点氧化、弹簧疲劳等。如果不及时进行维护和更换, 可能导致故障甚至事故。

再次, 设备的运行环境复杂多变。过电压、短路电流等电气应力, 以及高温、高湿、污染等环境因素都会影响设备的可靠性。例如, 污秽地区的绝缘子更容易发生闪络, 腐蚀性环境会加速金属部件的老化。

2.2 管理风险

管理风险源于管理体系的不完善和执行力的不足。首先, 缺乏完善的安全管理制度或制度形同虚设, 会导致风险防控流于形式。例如, 没有明确的责任分工和操作流程, 员工在遇到异常情况时无所适从。其次, 培训和教育不足是重要的管理风险。运维人员技能水平参差不齐, 缺乏系统的培训, 无法满足高压变电站复杂设备的操作和维护要求。这不仅影响工作效率, 还可能因操作失误引发安全事故。再次, 信息管理不当也会增加风险。比如, 设备运行数据未能及时、准确地收集和分析, 导致潜在问题未被发现; 或者信息传递不畅, 导致重要指令或安全措施未能落实。最后, 考核与激励机制的不合理可能导致员工缺乏积极性和责任感。缺乏有效的绩效评估和奖励机制, 员工可能不重视安全规程的执行, 忽视风险防控的重要性。

2.3 环境风险

环境风险是指外部环境因素对变电运维工作的影响。

自然环境的不可控性使其成为运维风险的重要来源。首先，极端天气和自然灾害对设备安全构成威胁。雷击、洪水、地震、冰冻等自然现象可能直接损坏设备或引发连锁反应。例如，雷击可能导致设备绝缘击穿，洪水可能浸泡设备，导致短路或腐蚀。

其次，气候变化带来的长期影响不可忽视。高温可能导致设备过热，缩短其寿命；高湿度和盐雾环境可能加速金属部件的腐蚀；沙尘暴可能污染绝缘子，增加闪络风险。再次，生物因素也构成环境风险的一部分。小动物进入变电站可能引发短路，植物过度生长可能影响线路的安全距离，甚至导致倒杆等事故。

2.4 人为风险

首先，操作失误是人为风险的主要表现形式。由于疏忽、经验不足或压力过大，操作人员可能在执行操作时出现错误，如误拉误合开关、错接线等，导致设备故障或安全事故。其次，违规作业增加了风险。未按规程进行操作，忽视安全措施，如不按要求穿戴防护装备、擅自简化操作流程等，都会埋下安全隐患。再次，管理人员的决策失误和指挥不当也是人为风险的重要来源。管理者可能因信息不足或判断失误，做出错误的决策，影响整个运维工作的安全和效率。此外，团队协作不力和沟通不畅也会导致风险。信息传递的延误或错误，可能导致误操作或应急处理不及时。

3. 500 kV 变电运维工作风险的有效控制措施

500 kV 变电站作为电网的关键节点，运维工作中存在诸多风险因素。有效的风险控制措施不仅可以保障设备的稳定运行，还能减少突发事件的发生频率，确保整个电网的可靠性和安全性。本节将详细介绍 500 kV 变电运维工作中常见的设备风险和管理风险的控制措施。

3.1 设备风险的控制措施

设备风险是变电运维过程中最直接的风险来源，其控制措施的关键在于设备的安全性、可靠性以及长期稳定运行的保障。设备风险控制可以从设备本身的预防性维护、故障检测与预警、以及科学的设备改造等方面入手。

首先，预防性维护是降低设备故障率的重要手段。针对 500 kV 变电设备的特点，定期维护和精细化巡检应当贯穿运维的全过程。例如，定期对主变压器、开关设备、避雷器等关键设备进行专业化的检查，及时清除设备表面的灰尘、污垢，特别是在高湿度、高温等环境下，以防止绝缘

性能下降引发短路事故。此外，可以引入状态监测设备，通过在线监测电流、电压、温度、湿度等参数，及时获取设备运行状态的数据，提前发现潜在的故障点。

其次，故障检测和预警技术的运用也十分重要。现代变电站可利用高频局放检测、红外热成像等先进检测技术进行设备的故障识别。例如，红外热成像技术可以准确检测设备的过热现象，有助于提前发现接触不良、短路等故障；而局部放电检测可以通过电磁波信号识别设备的绝缘损伤，为维修决策提供依据。这些先进技术可以在不影响设备正常运行的前提下进行，实现了无损检测和在线监测的双重效果。

再者，设备的科学改造也是重要的控制措施。随着电网规模的扩张和电力负荷的增大，原有设备可能出现性能老化、故障率增高等问题。为适应现代电网的需求，应定期进行设备的升级改造，特别是对关键部件的替换、绝缘性能的强化等，提升设备的整体耐久性和安全性。

3.2 管理风险的控制措施

管理风险在 500 kV 变电站运维工作中主要体现在组织管理、人员培训、应急管理和制度规范等方面。有效的管理风险控制措施可以大幅提升运维人员的安全意识和操作水平，同时确保各项流程的规范化、标准化。

首先，加强组织管理是控制管理风险的基础。变电站运维工作涉及多部门的协同与配合，如调度、设备运维、检修等部门的协调。因此，电力公司应当建立完善的运维协调机制，设立运维指挥中心，确保各部门之间的信息共享与决策同步。在设备维护、检修等高风险操作过程中，要求各部门负责人参与风险评估，确保各环节的规范操作和协调管理，降低因沟通不畅导致的安全隐患。

其次，人员培训是提高运维人员风险意识和应急能力的关键。500 kV 变电站运维人员需具备较高的专业技能和风险防控意识。电力公司应当定期组织员工进行安全教育、技术培训和模拟应急演练，尤其是强化电气安全知识、操作规范和紧急情况处理等方面的培训。通过模拟设备故障、消防应急等演练，提升员工的现场应急反应能力，使其在面对突发事件时能够快速采取正确的处理措施，确保人身和设备的安全。

再次，建立和完善应急管理制度也是管理风险控制的必要手段。应急预案应根据变电站的具体情况进行针对性制定，涵盖设备故障、火灾、自然灾害等各类突发事件的应对

措施。应急预案的制定不仅要注重科学性和可操作性,还需定期更新,以应对不同的外部环境变化。尤其是在防范自然灾害时,应事先制定相应的预防措施,例如洪涝防护、抗风加固等,提高变电站应对自然灾害的能力。

最后,制度规范的完善是管理风险控制的保障。电力公司应当制定严格的安全操作规程、设备管理制度和考核机制,确保运维工作的标准化和制度化。对于存在违规操作的行为,应采取严格的惩罚措施,同时对表现优秀的员工给予适当奖励,激励员工遵守安全操作流程。此外,通过引入信息化系统,实现工作流程的可追溯性和透明化管理,有助于风险控制措施的落地实施和运维过程的合规管理。

3.3 环境风险的控制措施

在 500 kV 变电站运维工作中,环境因素带来的风险不可忽视,尤其在极端天气、自然灾害和环境污染的影响下,变电站的正常运行和设备安全可能受到严重威胁。控制环境风险的有效措施可从自然环境风险预防、生态保护措施以及污染防治技术三方面进行。

首先,自然环境风险预防是环境风险控制的核心环节。500 kV 变电站常受极端天气的影响,如雷暴、洪涝、强风等自然灾害,这些事件可能对变电设备造成直接损害,甚至引发停电事故。为此,防雷设施的升级与日常维护至关重要,确保避雷设备的有效性与其可靠性。此外,合理设计站区排水系统、加固站房结构等措施能够有效减轻洪水或暴雨的影响,避免因水浸导致的短路或设备损坏。

其次,生态保护措施也是控制环境风险的重要方面。500 kV 变电站的建设和运维不可避免地影响周边生态环境,因此在运维中应采取一系列环保措施,如优化站区布局、减少对自然植被的破坏,并加强环境恢复与绿化工作。对站区的固体废弃物、废油等污染源,需做到集中处理和妥善管理,以防止污染物进入土壤或水体。在环保政策的约束下,变电站应定期对废弃物排放、噪音等环境污染指标进行监测,确保达到环保标准要求。

再者,污染防治技术在控制环境风险方面也扮演着关键角色。对于 500 kV 变电站来说,电磁辐射和噪声是主要的环境污染源,可能对周边居民产生一定影响。为了降低电磁辐射的风险,可以采用屏蔽材料和隔离技术来减少辐射强度。此外,安装隔音屏障、优化设备布置可以有效减小噪音影响,提升变电站的环保水平。同时,随着环保技术的发展,

光伏清洁、智能监控等技术手段也逐渐被引入变电站管理,有效降低了运维过程中对环境的影响。

3.4 人为风险的控制措施

首先,加强培训管理是减少人为风险的基础。500 kV 变电站运维工作具有高度专业性,操作人员需掌握复杂的设备知识和安全操作技能。因此,应建立完善的培训体系,定期为运维人员提供电气安全、操作规范和设备维护等方面的专业培训。特别是在新技术、新设备投入使用时,应组织专门的培训课程,确保员工熟练掌握设备的操作要领。

其次,规范操作流程能够有效减少误操作的风险。500 kV 变电站的设备维护、故障排查等工作流程复杂,如果操作不当可能引发严重事故。因此,电力公司需制定详细的操作手册和应急预案,明确各项操作的步骤和安全注意事项。在操作过程中,要求运维人员严格遵循操作规程,杜绝简化流程、跳过步骤等不规范行为,从制度上控制人为操作失误的发生。同时,在工作过程中实行双人互检制度,由另一名员工对操作步骤进行复查,以确保操作的准确性和安全性。

再者,监控作业行为是控制人为风险的有效手段。借助现代监控技术,可以在关键设备区域安装摄像头,对运维人员的操作行为进行实时监控,及时发现和纠正违规操作。同时,可以通过智能穿戴设备监测运维人员的健康状态,防止疲劳操作,确保员工在清醒、专注的状态下进行工作。最后,建立激励与惩罚机制也是控制人为风险的重要措施之一。对于运维工作中表现优秀的员工,可以通过奖励措施激励其继续保持规范操作,成为其他员工的榜样;而对于出现违规操作、疏忽大意的员工,则采取相应的惩罚措施,以警示其他员工遵守操作规范。

4. 结语

综上所述,500 kV 变电站运维工作中的设备、管理、环境和人为风险需要通过多层次的控制措施进行综合防控。有效的风险管理不仅能够提升运维的安全性和可靠性,还能推动电网的稳定性和供电质量的提升。面对电力行业不断变化的需求和技术发展趋势,未来应继续加强风险防控技术的应用,优化管理模式,为电力系统的长效稳定运行奠定坚实基础。

参考文献:

[1] 郭思琪. 电网变电运维工作风险与应对措施 [J]. 光源与照明, 2024,(09):219-221.

[2] 徐新亮. 500 kV 变电运维工作风险来源与防控措施[J]. 大众标准化, 2024,(07):30-32.

[3] 王文忠, 惠得材, 何霞. 变电站安全风险的识别与管理[C]// 广东省国科电力科学研究院. 第五届电力工程与技术学术交流会议论文集. 国网宁夏电力有限公司石嘴山供电公司, 2024:2.

[4] 胡港国. 变电运维工作中的隐患风险与应对技术研究[J]. 电气技术与经济, 2023,(10):117-119.

[5] 黄祥柠. 电网变电运维工作风险与应对策略[J]. 电气开关, 2023,61(06):106-109.

作者简介:

周鑫(1988-11-28), 女, 汉, 山西太原, 本科, 工程师, 主要研究方向: 500kV 电压等级变电运维

李鹏(1989-07-19), 男, 汉, 山西朔州, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: 500kV 电压等级变电运维